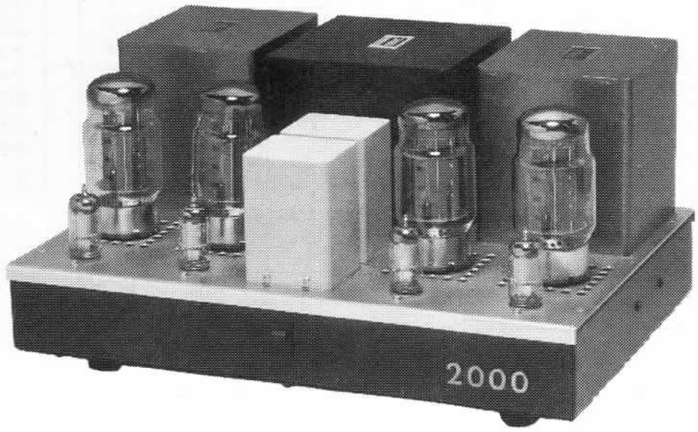
クォード型位相反転回路，UL 接続

KT88 プッシュプル パワーアンプ

長 真弓 Cho Mayumi

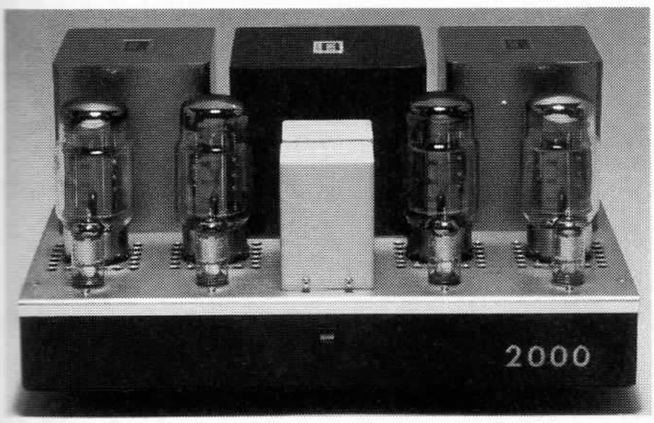


スヴェトラーナのKT88を使いウルトラリニア接続とした，簡単，安定を第一においたパワーアンプである．12dBのNFBをかけると1V入力で最大出力40W．自己バイアスのため調整箇所もなく，製作しやすい．ドライブ回路は，5極管6267を使用したクォード型位相反転回路を採用．クォードドライブ回路はNFBとPFBが複雑に絡んでいるが，その周波数特性は反転側・非反転側のバランスもよく，総合歪率も低，中，高域の特性がきれいに揃っている．方形波観測でもオーバーシュートやリンギングはほとんどなく，負荷の条件を変えても安定して位相補正などは不必要である．

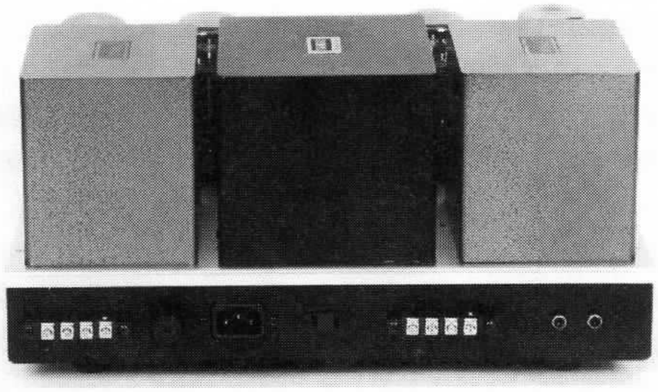
300Bをはじめ，信頼度の高さですでにお馴染みのスヴェトラーナから，新しくKT88が発売になりました．スヴェトラーナは，ロシアの真空管工場にOEM生産をさせている米国企業で，品質管理も同社で行っています．同じくロシア製でもソヴテックとは生産会社も異なるということです．

一世を風靡したあの米マッキントッシュが久々に真空管アンプに復帰，ミレニアムを記念した新製品“MC 2000”を登場させましたが，品質，信頼性にこだわる同社に純正採用されたのがスヴェトラーナのKT88です．そして，この納入のあおりを受けて日本への登場が遅れていたようですが，ようやく入手できるようになりました．

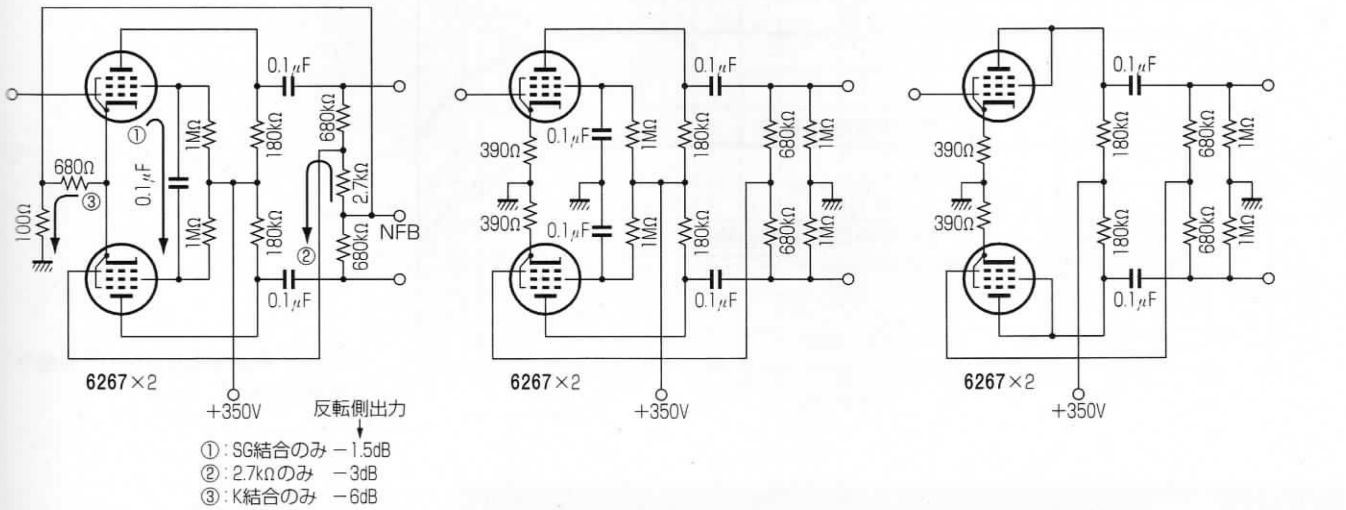
形状，規格ともにオリジナルのGEC製に準じていて，ていねいな工作が施されています．ガラスはパイレックスに似た硬質なものが使われていて信頼感があり，姿かたちも



[写真1] シャシー正面にはミレニアムを意識して「2000」の切り文字を貼り付けた．中央にはLED付き波動型の電源スイッチ．上部中央には前にチョークコイル2つ左右に真空管と対称に並び美しい



[写真2] 背面には電源トランスを中心に左右に出力トランスがどっしりと乗り重厚である．シャシー後面はスピーカー用出力端子，電源イン/アウトレット，ヒューズ，入力端子が並ぶ



利得：42.5dB　出力差：0dB
(A) クォード型

利得：44dB　出力差：0dB
(B) 自己平衡型（5極管）

利得：29.5dB　出力差：0.5dB
(C) 自己平衡型（3極管接続）

[図2]　位相反転ドライブ回路

500Vというのは容易に入手できるケミコンの耐圧限界なので，これよりも幾分低い電圧として製作することにしました．

表1では，プレートおよびスクリーングリッド電圧は436Vとなっています．これは対カソードの電圧なので，カソード自己バイアスの約52Vを足すと488Vとなり，これに電源のレギュレーションと出力トランスでの電圧降下を見込むと，必要なB電圧は500Vということになるでしょう．なお，基準に考える電圧は前述した436Vです．

注意点としては，バイアス用のカソード抵抗をプッシュプルの2管に対して個別に設けることとなっています．また固定バイアスの場合にも，個々にバイアス値を調節できるようにすることが指示されています．

つまり，プレート電流やスクリーングリッド電流のバラツキを考慮して，片方の真空管の特性に引きずられて反対側の真空管の電流がオーバーすることを防いでいるわけです．

グリッド・カソード間の抵抗，いわゆるグリッドリーク抵抗の値にも制限がありますが，損失が大きいときの制限を一層シビアに規定しています．動作例と対照すると，270kΩとしなければならないようです．

クォード型位相反転ドライブ

出力段の見当がついたところで，ドライブ回路に入ります．出力段が要求するドライブ電圧は，グリッド・グリッド間ピーク・ツー・ピークで104Vなので，カソードNFB方式よりは軽いといえますが，それでもかなり高い値です．最も楽に大きな出力電圧を得ることができるのは，プッシュプルの1本ごとに5極管を割り当てる構成で，これに位相反転を兼ねさせれば，全体の回路もシンプルにまとまります．

回路としては差動型，自己平衡型，そしてクォード型が候補にあげられるでしょう．

差動型は，抵抗器だけによるいわゆるカソード結合型とすると，カソード電圧分だけプレート電圧と交流出力を損するので使いたくはありません．カソードに定電流回路を入れればこの欠点からは逃れられますが，マイナス電源を用意するのが面倒です．というわけで，自己平衡型とクォード型を検討することにしました．

英アコースティカルのQUAD-IIアンプは，5極管6267/EF86を2本使用して，大きな入力電圧が要求されるカソードNFB方式採用のKT66出力段をドライブするという構成です．位相反転ドライブ回路が独特なものであるため，特にクォード型と呼ばれているわけです．

図2(A)がその回路です．NFBとPFBがからまっていて，はなはだわかりにくいのですが，考え抜かれた緻密なと，とらえるべきなのか，また逆に，辻褄合わせ的というべきなのか，その構成には戸惑ってしまいます．

まず第一が，「スクリーングリッド結合型位相反転回路」とでも名付けたくなる動作です．上段のスクリーングリッドはバイパスされていないので，コントロールグリッドへの入力信号に従ってスクリーングリッド電圧も変化し，出力電圧を取り出すことができます．

このスクリーングリッド電圧は

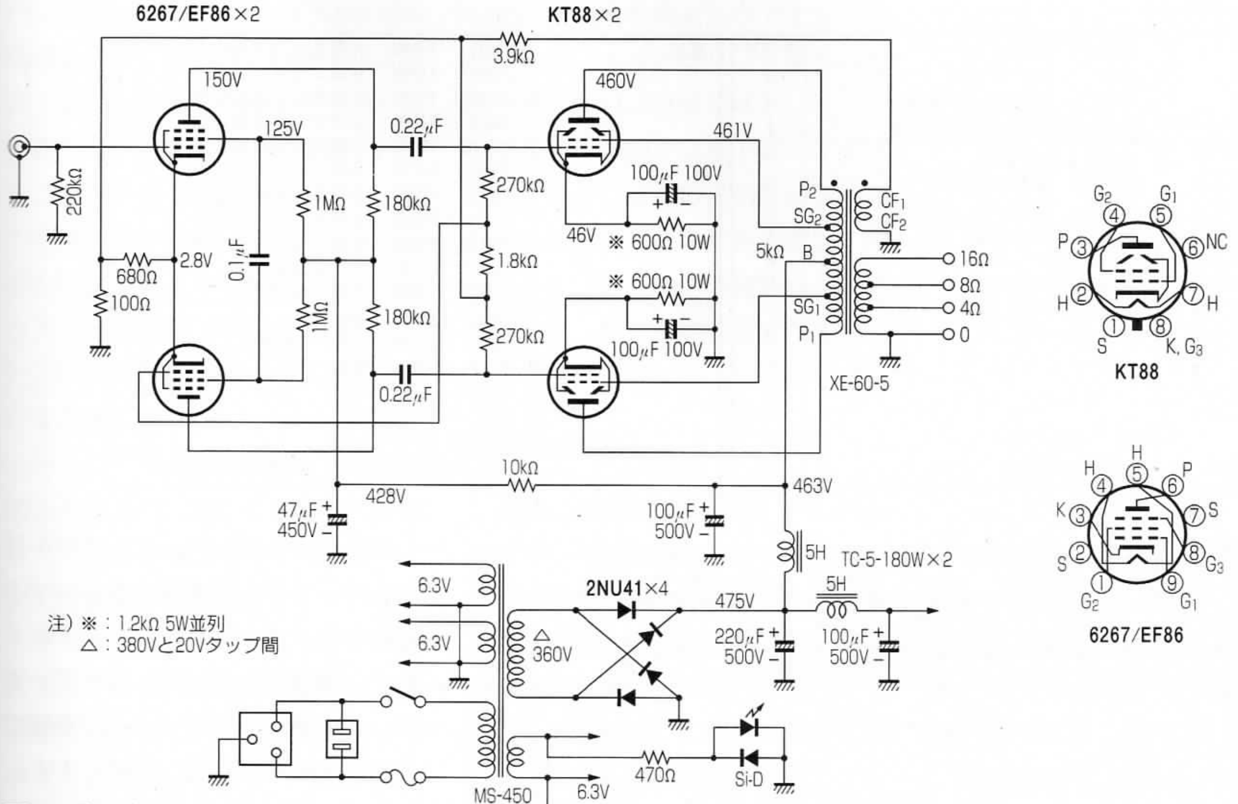


図4］ 全回路図

接続換えをしてみた結果は，周波数特性が**図3(B)**で，高域では反転側のほうがレスポンスが上がるという結果になりました．

利得は44dBで，アンバランス分はありません．反転側の出力インピーダンスが100%のNFBによって非反転側に比べて低くなり，これが欠点となる場合もあるかもしれません．

この例では，反転側に5極管を使ったため，利得は限りなく1に近く，良好なバランスが得られたわけです．3極管の場合にはNFB量が減る分バランスが悪くなるはずなのでは，ということで3極管接続（**図2(C)**）にしてみた特性が**図3(C)**です．

これでもアンバランス分は0.5dBにすぎませんでした．周波数特性は，5極管の場合とは逆に反転側のほうが高域で落ちています．利得は29.5dBです．

いずれの場合にも周波数特性の差は補正可能ですから，どの回路も実用には充分に耐えられるといってよいでしょう．

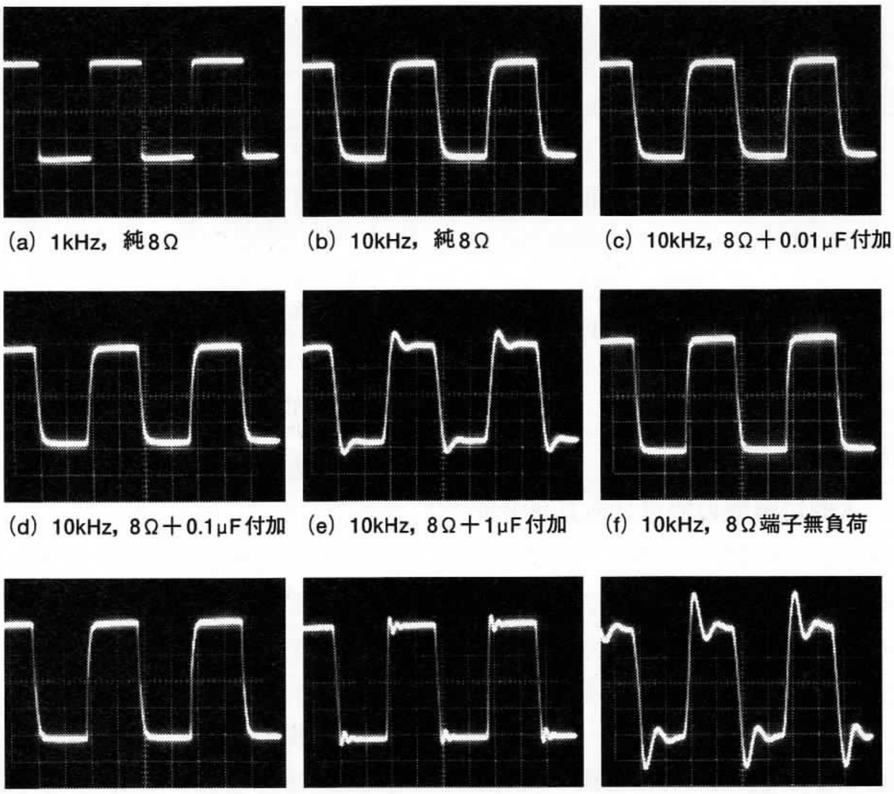
クォード型がわかったところで，これを本機に取り入れることにしました．オリジナルそのままでといきたいところですが，KT88の最大定格に，プレート＋スクリーングリッド損失が35W以上のときにはグリッドリークは270kΩ以下にせよとの記載があるので，**図2(A)**の680kΩを270kΩに変更します．

この変更の結果は，反転側の出力電圧が非反転側に比べて0.8dB大きくなることがわかり，結合用の2.7kΩを1.8kΩに変えてバランスをとっています．周波数特性はほとんど変わらず，利得は38dBに低下しました．このあたりは，微妙なバランスの上に成り立っている回路だといえそうです．

全回路，部品，製作

位相反転ドライブ段と出力段が決まれば，本機の構成はできたようなものです．**図4**がその全回路です．カソード自己バイアスなので，電源はヒーターとB電源だけです．また調整箇所もまったくなしと，まことにシンプルなアンプになりました．

表3に本機の部品表を示しますが，電源トランスはタンゴのMS-450を使用しました．ブリッジ整流方式で，280Vから380Vまで20Vきざみで選べるトランスです．ここでは380Vと20Vタップ間の360Vを整流して直流475Vを得ています．スイッチONから真空管が動作するまでの間は，ケミコンの使用電圧500Vを少し超えますが，これは許容範囲内です．しかし，電源の100Vが高めになる地域では，タップ間を340Vとしたほうが無難かもしれません．

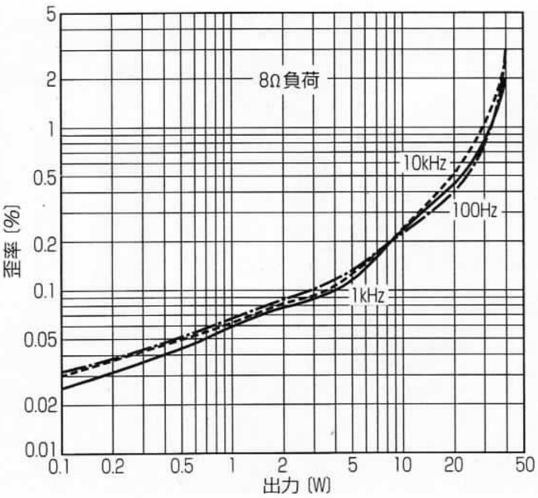


(a) 1kHz，純8Ω　(b) 10kHz，純8Ω　(c) 10kHz，8Ω＋0.01μF付加

(d) 10kHz，8Ω＋0.1μF付加　(e) 10kHz，8Ω＋1μF付加　(f) 10kHz，8Ω端子無負荷

(g) 10kHz，0.01μFのみ負荷　(h) 10kHz，0.1μFのみ負荷　(i) 10kHz，1μFのみ負荷

［写真7］ 8Ω端子に抵抗8Ω，コンデンサーを負荷にした方形波応答



［図8］ 歪率特性

コ型となりました．クォード型の特性に，出力トランスの特性が加わったものですが，とにかくこのままで12dBのNFBをかけた結果も，**図7**のように，あばれの見えないきれいな特性を示しています．

写真7(a)～(i) のように，方形波の観測でもオーバーシュートやリンギングはほとんど見られず，負荷の条件を変えてもきわめて安定していて，位相補正などはまったく必要としません．

高域で下降特性を示すときには，高域でのNFB量が減ることによって歪率が悪くなる傾向が多いのですが，ドライブ段の特性がプッシュプルの上下で揃っていることから，もともとの歪みが少ないこともあって，**図8**に示すように，低，中，高域の歪率特性はきれいに揃って問題点は見い出せません．

30W以下では，歪率も1%以下となって低歪率です．40Wを超えたところで波形の上下が同時にクリップを始めるという結果になりました．プッシュプルのバランスもいいようです．

ダンピングファクターは5となって，真空管アンプとしてはまあまあの値でしょう．残留雑音は左右チャンネルとも0.2mV（測定条件のA特性は含まず）と，大変小さな値を示しています．

6267の件を除けば，本機の製作はあっけないくらいに手がかからず，それでいて性能的にはかなりのレベルを確保することができて，安定した動作を続けることができそうです．

音はどちらかというと少し丸いかなといったところです．でも分離はよく細部もよく見えて，寝ぼけた音ではありません．楽器の見通しがよいのです．力感も十分．パワーに余裕があるため変に神経質にならず，聴き疲れせずに音楽に浸ることができます．常用アンプとしての地位を確保しそうな雰囲気です．

付け加えると，固定バイアス方式にすれば70Wくらいの最大出力も得られるはずですが，出力管のグリッドリーク抵抗を100kΩまで下げなければならないので，クォード型で対応できるかどうかについては再検討を必要とします．それにまた，無調整でというわけにもいかないでしょう．本機はあくまでも，簡単，安定を第一においた1台なのです．